

DANIEL WENCESLAU DE CARVALHO MACHADO PEREIRA

**IMPACTO ECONÔMICO-AMBIENTAL DO CONSUMO DE ÁGUA NO
PROCESSO INDUSTRIAL DE FABRICAÇÃO DE CELULOSE
BRANQUEADA.**

Trabalho apresentado para obtenção do título de Especialista em Economia e Meio Ambiente do Curso de Economia e Meio Ambiente com Ênfase em Negócios Ambientais do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof.MsC. Paulo Henrique Damasceno Morais

CURITIBA

2012

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. OBJETIVOS GERAIS.....	6
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
4. ECONOMIA E MEIO AMBIENTE	6
4. A INDÚSTRIA DE CELULOSE.....	8
4.1 Pátio de Madeiras.....	9
4.2 Cozimento e Depuração.....	10
4.3 Branqueamento.....	11
4.4 Secagem.....	12
5. IMPACTOS DO ALTO CONSUMO DE ÁGUA.....	13
5.1 Tratamento de Água.....	15
5.2 Tratamento de Efluentes.....	17
6 ALTERNATIVAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA.....	19
7 CONCLUSÃO.....	23
8 BIBLIOGRAFIA.....	24

RESUMO

O consumo de água é um tema discutido mundialmente e questões sobre como reduzir o consumo excessivo a todo tempo são levantadas a fim de preservar o recurso natural ainda disponível. As indústrias têm um papel importante no processo de redução de consumo de água, especialmente as indústrias de celulose e papel que tem elevado consumo em seu processo. Este trabalho foi desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica visando exemplificar os impactos ambientais e econômicos do consumo de água no processo de fabricação de celulose e as possibilidades de redução do consumo existentes nas novas tecnologias desenvolvidas ao longo dos últimos anos. Identificação de etapas no processo de fabricação de celulose e papel que permitem o reuso de água ou mesmo a redução do consumo sem prejuízos para a produção, são alternativas avaliadas neste trabalho, de grande relevância ao se tratar de redução de consumo de água em uma indústria de celulose. A busca pela otimização da utilização de água em seu processo produtivo é uma tendência para o processo de novos empreendimentos.

ABSTRACT

Water consumption is a topic discussed worldwide and questions about how to reduce excessive consumption are raised at all times in order to preserve the natural resource is still available. The industries have an important role in the process of reducing water consumption, especially the pulp and paper that have high consumption in the process. This work was developed from a literature review in order to exemplify the environmental and economic impacts of water consumption in the manufacturing process of cellulose and the possibilities of reducing consumption and existing new technologies developed over the past year. Identification of steps in the process of pulp and paper enabling the reuse of water or even reducing consumption without impairing the production, alternatives evaluated in this study are of great relevance to the case of reduction of water consumption in industry cellulose. The search for optimization of water use in its production process is a tendency for the process of new ventures.

INTRODUÇÃO

Atualmente, temas ambientais são amplamente discutidos em níveis mundiais destacando-se assuntos relacionados ao intenso consumo de água. Este recurso natural se encontra em processo de extinção, uma vez que o consumo e a poluição estão aumentando significativamente (MENDES, 2005).

A escassez de água doce no mundo já preocupa os representantes das grandes nações, que iniciaram um processo de desenvolvimento de alternativas para controle do consumo e recuperação das águas utilizadas. As leis, decretos e normas são a base para o início do combate ao desperdício e à poluição (BASSA, 2002).

Muitas empresas utilizam a água proveniente de empresas públicas de saneamento que também são responsáveis pelo tratamento dos efluentes. Alguns setores possuem a necessidade de captar água diretamente de cursos hídricos, sejam eles subterrâneos ou superficiais, realizam o tratamento dessa água e após a sua utilização, os efluentes seguem para uma estação de tratamento de efluentes (ETE) para posteriormente serem descartados em cursos hídricos (rios, córregos, etc). Diversos processos produtivos necessitam de grandes volumes de água para o seu processo produtivo, dentre estes, a indústria de fabricação de papel e celulose é considerada uma grande consumidora de água. A demanda de água neste processo muito elevada, por possuir vários estágios de lavagem da polpa de celulose. Consumos elevados de água em processos industriais já se tornou uma preocupação global, uma vez que a água é um recurso natural que já se encontra escasso em diversos locais (MENDES, 2005).

OBJETIVOS GERAIS

O objetivo deste trabalho é apresentar uma revisão bibliográfica sobre os impactos econômicos e ambientais do consumo de água nas indústrias de celulose e papel mostrando que um conjunto de fatores relacionados com exigências legais ambientais e medidas de prevenção tomadas pelas indústrias podem ser significativos para a redução do consumo de água e a preservação do recurso natural.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desenvolver um trabalho que associe as principais alternativas existentes para redução de consumo de água no processo de celulose, as legislações ambientais existentes, mantendo o processo produtivo de celulose e papel sem maiores prejuízos econômicos para as indústrias.

ECONOMIA E MEIO AMBIENTE

As questões ambientais tendem a estar em evidência quando falamos de um planeta globalizado onde podemos citar duas principais realidades, os países de primeiro mundo que já consumiram uma boa parte de seus recursos naturais e deram sua parcela de contribuição para a poluição ambiental, e países de terceiro mundo que se encontram em desenvolvimento, e que na busca pelo aumento de sua riqueza, atraem a implantação de indústrias com o maior grau poluidor e possuem recursos naturais abundantes em países subdesenvolvidos (BASSA, 2002).

Na medida em que os problemas ambientais foram aparecendo, os órgãos de controle ambiental dos países em desenvolvimento perceberam que a abordagem regulatória tradicional, importada do primeiro mundo, era inapropriada para países do terceiro mundo, e a partir desta percepção, desenvolveram sistemas eficientes e flexíveis que estimulam os poluidores a reduzir e a prevenir a poluição. Incentivos econômicos, como, por exemplo, as taxações de emissões, proporcionaram estímulo às empresas para reduzir seus níveis de emissão, como foi observado nos programas adotados na Colômbia, China e Filipinas. A taxação, ao mesmo tempo em que induz a

redução das emissões, permite a geração de recursos que podem ser utilizados pelos governos locais para controle da poluição (WORLD BANK, 1999).

Nas últimas décadas, as legislações ambientais evoluíram significativamente em todo o mundo, não deixando para trás os países subdesenvolvidos. Hoje em dia podemos ver com maior frequência a divulgação de notícias de empresas que causaram danos ambientais como contaminação do solo, do ar e das águas. As aplicações de multas de valor elevado estão sendo praticadas, uma vez que o potencial do dano causado é grande. Os processos de licenciamento ambiental estão cada vez mais rigorosos com programas de compensação ambiental e condicionantes de monitoramento do processo operacional. Sendo assim a preocupação das empresas em investir em proteção ambiental está aumentando, seja no investimento em equipamentos mais modernos que possuem menores taxas de emissão de poluição como também na contratação de pessoal qualificado e especialista na área ambiental, para assim garantirem uma maior segurança ambiental em seu negócio. Acidentes ambientais podem trazer grandes prejuízos econômicos para as empresas, desde multas com valores elevados com o também o prejuízo à imagem da empresa podendo afetar diretamente suas vendas e seu faturamento.

Podemos ainda citar investimentos em certificações ambientais que são processos cada vez mais comuns nas indústrias. Estas normas visam aumentar a conformidade legal ambiental da empresa aprimorando o Sistema de Gestão Ambiental desenvolvendo objetivos e metas ambientais na empresa buscando sempre a melhoria contínua do processo de gestão ambiental. Além da questão ambiental, os certificados são muitas vezes exigidos por clientes que só fazem a aquisição de produtos de empresas que possuem certificação ambiental.

A INDÚSTRIA DE CELULOSE

O processo de celulose pode ser dividido em quatro partes principais: preparação de matérias-primas, deslignificação química em circuito fechado recuperando-se energia, branqueamento com circuito aberto e sistema de tratamento de efluentes. Os sistemas auxiliares de geração de energia, preparação de madeira e produção dos produtos químicos do branqueamento estão incluídos nos quatro sistemas citados (PIOTTO, 2003).

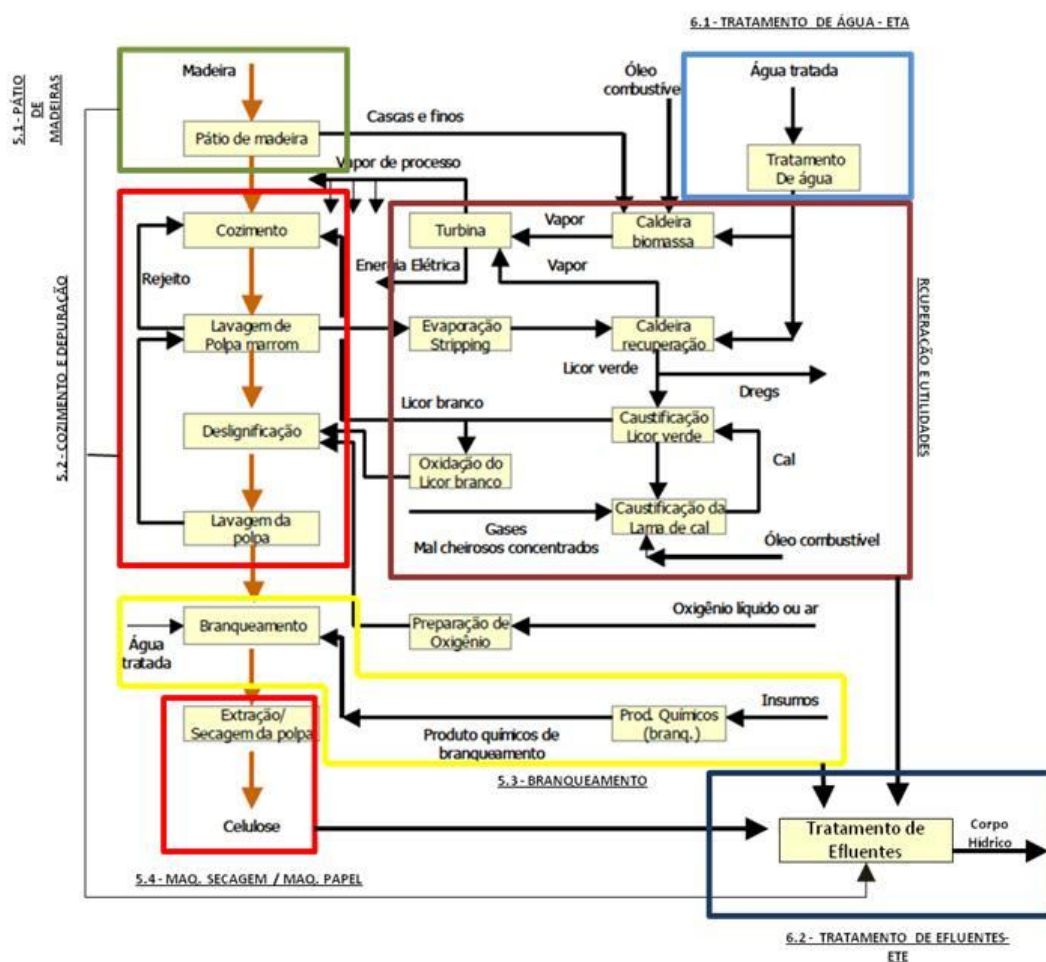


Figura 1: Visão geral do processo kraft de produção de celulose (PIOTTO, 2003).

5.1- Pátio de Madeiras



Figura 2: Fluxo de processo do Pátio de Madeiras.

O processo de fabricação de celulose consiste basicamente na transformação da madeira (principal matéria-prima) em material fibroso, que é denominado pasta, polpa ou celulose industrial. Os principais processos associados a esta etapa são: estocagem de madeira, descascamento, picagem (produção de cavacos) e peneiramento.

A madeira pode vir das florestas com ou sem casca e em forma de cavacos ou toras. Para a produção de celulose via processo químico é necessário utilizar a madeira na forma de cavacos uniformes para garantir um cozimento homogêneo e obter o melhor rendimento.

O descascamento remove as cascas das toras, que são geralmente encaminhadas à caldeira de biomassa, para geração de vapor e energia elétrica. O descascamento (a seco ou via úmida) é feito em tambor descascador. As toras descascadas são encaminhadas ao picador para a produção de cavacos.

O peneiramento tem como objetivo separar as frações de cavacos muito finos ou muito acima do tamanho padrão (“oversize”). Os finos são normalmente queimados na caldeira de biomassa, enquanto que a fração “oversize” volta ao picador.

Algumas fábricas costumam estocar os cavacos por um período de quarenta dias visando obter a degradação enzimática dos extrativos. Nestes casos, a pilha costuma aquecer-se durante este processo de maturação. Períodos de maturação superiores a 40 dias tendem a reduzir o rendimento do processo (PIOTTO, 2003).

5.2- Cozimento e Depuração



Figura 3: Fluxo de processo do Cozimento e Depuração.

Após o processamento da madeira é iniciado o processo de Cozimento e Depuração da polpa. A polpação ou cozimento é o processo de separação das fibras mediante a utilização de energia química e/ou mecânica. Existem vários processos de polpação sendo que o processo Kraft é o mais utilizado mundialmente. O processo Kraft ajuda a manter a força inerente às fibras de madeira e assim produzir uma celulose especialmente adequada para a fabricação de papéis de imprimir e escrever, papéis especiais e papéis sanitários. Durante o cozimento Kraft ocorre a separação das fibras de celulose e hemicelulose de outros componentes presentes na madeira, como a lignina e extrativos. Este processo acontece em reatores pressurizados, denominados digestores. Os digestores recebem os cavacos de madeira, e também o licor branco forte (mistura de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio) que sob efeito da pressão e temperaturas entre 160 e 180 °C levam a despolimerização e dissolução das moléculas de lignina. Assim, o que se obtém após o cozimento é uma massa de fibras, contendo entre 5 e 10% da lignina presente no início da polpação, denomina polpa marrom ou celulose industrial não branqueada. (RABELO, 2005).

Depuração é o nome que se dá à operação de limpeza da mistura de celulose com os demais componentes da receita. Destinam-se a retirar corpos

estranhos, sujeiras, bolos de massa ou fibras enroladas que são indesejáveis para a aparência e finalidade da folha de papel.

A polpa oriunda do digestor contém fibras e licor negro impregnado com lignina, hemiceluloses e outros compostos solubilizados durante o cozimento. Cerca de 50% da madeira é dissolvida nesta etapa. A lavagem objetiva, portanto, separar o licor das fibras, para que o mesmo possa ser encaminhado para o processo de recuperação (insumos químicos e energia), enquanto que as fibras são enviadas para a etapa seguinte (deslignificação ou branqueamento). Hoje em dia, tanto em digestores em batelada quanto em contínuos, a lavagem inicia-se no próprio digestor, pelo deslocamento do licor quente pelo licor frio. A lavagem subsequente pode ser feita em filtros lavadores, prensas ou difusores. (PIOTTO, 2003).

5.3- Branqueamento



Figura 4: Fluxo de processo do Branqueamento.

O branqueamento é um tratamento físico químico realizado na pasta celulósica para melhorar as suas propriedades e eliminar os grupos cromóforos que conferem cor à polpa (DANILAS, 1988). A Lignina modificada no cozimento, subprodutos da degradação da lignina, ácidos hexenurônicos, grupos carbonílicos, extrativos e íons metálicos são as fontes mais importantes de grupos cromóforos presentes na polpa (DENCE e REEVE, 1996). No branqueamento, a lignina e outras fontes de cromóforos são removidas e/ou alterados através da ação de agentes de branqueamento, normalmente oxidantes químicos e/ou enzimas. A reação destes agentes químicos com a polpa acontece em via úmida, no decorrer dos múltiplos estágios da sequência de branqueamento (RABELO, 2005).

O branqueamento da polpa é feito em mais de um estágio, normalmente quatro ou cinco. Os agentes químicos mais usados são dióxido de cloro, ozônio, oxigênio e peróxido. Ultimamente, tem sido utilizado também o ácido peracético. O cloro molecular assim como o hipoclorito está sendo substituído por outros agentes branqueadores como o peróxido, devido à formação de subprodutos clorados (PIOTTO, 2003).

O processo de branqueamento é lembrado pelo alto consumo de água fresca e conseqüentemente um grande gerador de efluentes carregados de cargas químicas carreadas dos processos de lavagem da polpa. Entre um estágio ácido e um alcalino, a polpa passa por um processo de lavagem para a remoção dos resíduos químicos e dos materiais orgânicos fragmentados pelos agentes de branqueamento. Assim, fragmentos de moléculas de lignina e carboidratos além de uma variedade de outros compostos orgânicos, gerados nos estágios de branqueamento, são extraídos através da operação de lavagem (RABELO, 2005).

5.4- Secagem



Figura 5: Fluxo de processo da Secagem.

Nesta etapa a polpa branqueada é recebida para que se inicie o processo de secagem da polpa. A celulose branqueada é enviada para um depurador, que tem por objetivo a remoção das impurezas grosseiras e promoção de sua homogeneização. O aceite dos depuradores alimenta o sistema de depuração centrífuga, composto de cinco estágios. A depuração centrífuga é feita em baixa consistência e a água necessária para esta diluição é obtida da máquina de desaguamento e secagem de celulose. A unidade extratora de celulose é constituída da parte úmida (caixa de entrada, sistema de vácuo, prensas, etc.); parte seca (secador, sistemas de recuperação de calor, etc.); da cortadeira e da embaladeira (PIOTTO, 2003).

O principal objetivo desta etapa é retirar a maior quantidade de água da polpa para que seja possível obter folhas de celulose prensadas em forma de fardos. Finalizando o processo os fardos produzidos são encaminhados para o setor de expedição e em seguida o transporte ao cliente.

IMPACTOS DO ALTO CONSUMO DE ÁGUA

As plantas de produção de polpa Kraft branqueada são consideradas causadoras de grande impacto ambiental, sendo desafiadores os compromissos atuais e futuros para adequação deste setor. Muitos esforços estão sendo despendidos pelo setor com o objetivo de ter um menor impacto ambiental por meio da redução da emissão de efluentes tóxicos que contém compostos organoclorados, pela solução dos problemas de localização e de abastecimento de água, e permitir assim uma adequação na área legislativa e mercadológica ao chamado mercado “verde” (BASSA, 2002).

A escassez mundial de água, muitas vezes decorrente da má preservação de mananciais, força a sociedade a tomar medidas que limitam a quantidade disponibilizada para o setor produtivo, e também impõe padrões de qualidade para os efluentes gerados. Indústrias do setor de celulose e papel, que deslocam grandes volumes de água para suas fábricas, despertam o interesse da sociedade. As pressões exercidas através das instituições governamentais reguladoras / fiscalizadoras e de agentes mercadológicos são para que as indústrias desenvolvam, ou estimulem o desenvolvimento, de tecnologias que permitam produzir com competitividade usando cada vez menos recursos naturais, neste caso água. (RABELO, 2005).

Para o processo de fabricação de celulose é imprescindível que se tenha um volume significativo de água com padrões de qualidade específicos para o processo. Atualmente as empresas fabricantes de equipamentos específicos para a fabricação de celulose têm focado na redução do consumo de água, através de investimentos na tecnologia destes equipamentos.

Neste processo produtivo, diversos pontos são fonte de consumo de água industrial, e dentre eles se destaca a área de branqueamento de celulose pelo alto consumo de água em seus processos de lavagem da polpa.

A etapa de branqueamento Kraft da celulose é extremamente importante para o processo produtivo, pois afeta diretamente na qualidade do produto final podendo causar até o reprocessamento da polpa em casos de desvios de qualidade e prejuízos para a indústria.

O processo de branqueamento convencional usando dióxido de cloro criou uma indústria eficiente e centrada na conservação química. A água era abundante e os tratamentos de efluentes primários e secundários envolvidos eram eficientes no tratamento dos efluentes fabris, reduzindo efetivamente sua toxicidade e níveis de contaminantes. Como as fábricas cresceram em tamanho, as quantidades de efluente e água tornaram-se significativamente maiores para os sistemas ecológicos envolvidos. (BASSA, 2002).

Na fabricação de papel, em geral, há um grande excesso de água do processo que contém vários tipos de substâncias dissolvidas (como carboidratos, lignina, e substâncias resinosas) e em suspensão (fragmentos de fibras e outros compostos inorgânicos como caulim e carbonatos). Estes materiais são originários de compostos da madeira utilizada para a produção de celulose, de produtos químicos utilizados como matéria primos e aditivos na fabricação de papel e de contaminantes de todos os tipos que foram incorporando-se nas diversas etapas do processo produtivo (MENDES, 2005).

Segundo BASSA (2002) Para uma planta típica de polpa celulósica branqueada, três áreas principais impactam na geração de efluente, a saber: a planta de branqueamento, a evaporação e a linha de polpação. A planta de branqueamento tem o maior impacto ambiental. Acima de 50% do fluxo de efluente da fábrica é representada pelo branqueamento, sendo um dos maiores problemas a cor do efluente. Esta mesma planta de branqueamento produz 85% ou mais dos organoclorados descarregados pela fábrica. E ainda toda a dioxina descarregada de uma planta de polpa branqueada convencional está presente no efluente da área de branqueamento.

A redução do consumo de água no branqueamento é extremamente importante e representativa, podendo gerar inclusive receita para a indústria pela recuperação de fibras do efluente gerado nas etapas de lavagem do processo.

No Brasil encontramos uma grande disponibilidade de água em nossos rios caudalosos que oferecem grandes facilidades para as indústrias. Este é um dos motivos pelos quais o crescimento da indústria de celulose no Brasil vem aumentando significativamente nas últimas décadas e ainda com um futuro promissor de crescimento.

Por outro lado, a limitação da disponibilidade de água que encontramos em outros países, faz com que as empresas desenvolvam novas tecnologias para que se produza celulose com o menor consumo possível de água visando a conservação dos mananciais priorizando a utilização da água para consumo humano.

6.1- Tratamento de água



Figura 6: Fluxo de processo do Tratamento de Água.

É indiscutível a importância da água para os seres vivos. Contudo tem-se vivido um aumento da demanda e piora da qualidade da água que para poder ser utilizada necessita de tecnologias de tratamento cada vez mais avançadas, onerando assim todo o sistema. As estações de tratamento de água são indústrias, nas quais a

água bruta recebe produtos químicos através de operações e processos, tornando-se água potável (MENDES, 2005).

Os custos dos sistemas de tratamento e reuso de água variam conforme o tipo de indústria e de carga poluidora, mas em geral estão na faixa entre R\$ 200 mil e R\$ 1,5 milhão. Levando em consideração que o custo médio da água em São Paulo, onde está a maior concentração industrial do País, é de R\$ 10,00 /m³, os especialistas do setor estimam que o custo da água caia para menos de R\$ 1,00 /m³ com a adoção de um sistema de reuso da água. Sistemas deste gênero tem vida média útil em torno de vinte anos, o que viabiliza plenamente o investimento. (www.nei.com.br).

Na indústria de celulose, o consumo de água varia muito de fábrica para fábrica. Este consumo pode oscilar entre 15 a 100 m³/t. Valores superiores a 50 m³/t normalmente incluem a água de refrigeração. O consumo de água pode ser reduzido aumentando-se a recirculação interna, utilizando-se equipamentos de lavagem mais eficientes, reciclando filtrados alcalinos, purificando e reutilizando os condensados, entre outros (HOGLUND, 1999).

Segundo PIOTTO (2003), o volume de água utilizado tem relação direta com a geração/emissão de efluentes, entretanto o potencial poluidor é dependente da operação da fábrica e do grau de fechamento de circuitos.

6.2- Tratamento de Efluentes

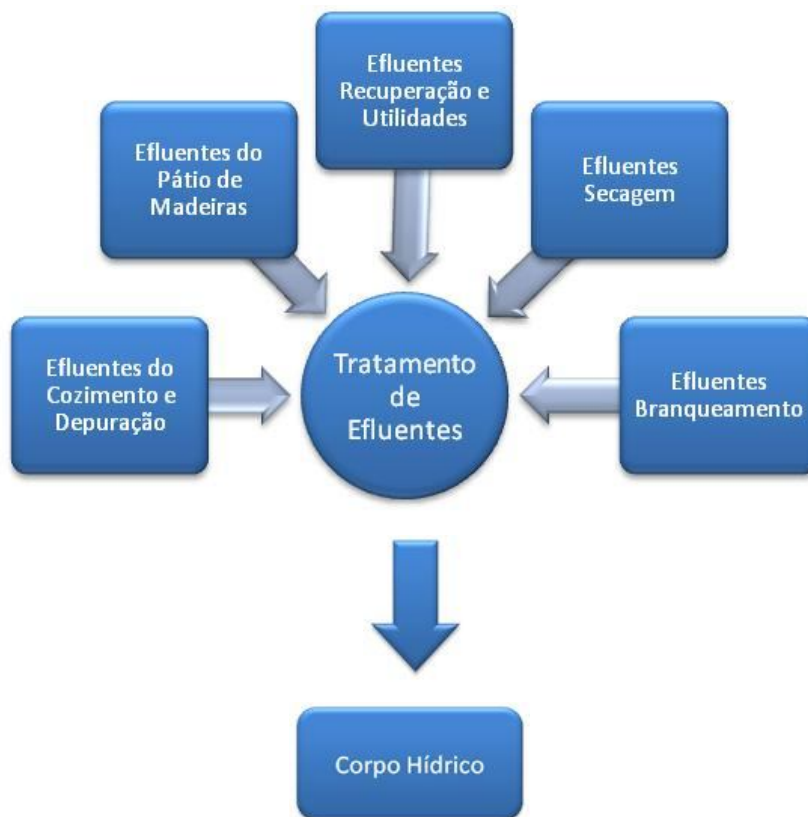


Figura 7: Fluxo de processo do Tratamento de Efluentes.

A indústria de celulose e papel é apontada como uma das que mais contribui ao processo de contaminação do meio ambiente por compostos organoclorados, principalmente com uma grande gama de compostos originados nos processos de branqueamento da polpa (FREIRE, 2000).

Os processos de tratamento de efluentes mais conhecidos para remoção de matéria orgânica podem ser usados para todos os tipos de indústrias de celulose e papel (SCHROEDER, 1977; SAX, 1974 citados por RABELO, 2005). Estes processos devem ser dotados de equipamentos capazes de garantir a redução de contaminantes a fim de atender os padrões de qualidade definidos nas legislações ambientais federais, estaduais e municipais vigentes.

Independentemente do processo de fabricação utilizado, os efluentes da indústria de celulose são misturas complexas, constituídas de vários compostos

químicos derivados de materiais extraídos de madeira, utilizadas durante a produção da polpa (NOLASCO, 1997 citado por SOUZA, 2001).

Melhorar a qualidade dos efluentes, tornando-as menos deletérios ao ambiente receptor de maneira geral, certamente é um interesse unânime entre as fábricas de polpa de celulose, seja por motivos de comprometimento ambiental, por razões estratégicas (marketing), por exigências de mercado (principalmente o europeu), ou por razões subordinadas às legislações ambientais. Esta última, talvez seria a razão mais sensível para as indústrias de celulose envidarem esforços em busca de efluentes com melhores padrões para lançamento, assim dizendo, efluentes contendo menores cargas de DBO e DQO.

A etapa de branqueamento da celulose chega a ser em algumas fábricas, responsável pela geração de mais de 50% dos efluentes. Estes efluentes são ricos em fragmentos de moléculas de lignina, carboidratos além de uma variedade subprodutos clorados. Volumes típicos de efluentes gerados no branqueamento, também chamados de licores de branqueamento, são da ordem de 15 a 60 m³ por tonelada de polpa Kraft branqueada (US EPA, 1997b; EDF, 1995; SPRINGER, 1993, citada por RABELO, 2005).

O elevado consumo de água interfere diretamente no processo de tratamento de efluentes elevando níveis de todo o sistema causando sobrecargas em situações de superação dos limites de projeto dos equipamentos. Situações como essa podem reduzir a eficiência do tratamento e oferecer riscos ambientais podendo exceder os limites de qualidade do efluente estabelecidos por lei.

“Art. 24. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam as condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.” (Resolução CONAMA 357/2005).

As gerações de efluentes de uma indústria de celulose devem ser medidas e controladas para a garantia da eficiência da estação de monitoramento. Indicadores de geração de efluente são necessários para que seja possível tomar medidas preventivas e corretivas nas áreas geradoras. O excesso de efluentes pode interferir diretamente na

eficiência do sistema de tratamento que é dimensionado para atender o volume de produção de projeto.

ALTERNATIVAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA

O aumento do rigor das legislações ambientais, demanda por empresas sustentáveis e redução de custo de produção são alguns fatores importantes para a busca por alternativas que reduzam o consumo de água no processo produtivo de celulose. Em algumas regiões, dentro e fora do Brasil, a cobrança pelo uso da água já é uma realidade para diversos setores produtivos. Por essas razões, cada vez mais as empresas tem se preocupado em controlar seus consumos de água priorizando ações para redução e controle na implantação de novas tecnologias.

Em geral, as indústrias utilizam diversos indicadores para monitorar o desempenho fabril de uma unidade. Indicadores de volume de produção (ex: Kg/t de celulose), consumo de matérias primas, consumo de energia, geração de resíduos, geração de efluentes, custos, entre outros indicadores comuns em qualquer setor produtivo. Para o controle do consumo de água no processo de fabricação de celulose ainda temos um indicador muito importante: Consumo Específico de Água.

O indicador Consumo Específico de Água permite avaliar a eficiência na utilização de água em todo o processo de fabricação de celulose e papel. A medida inclui toda a água fresca alimentada na fábrica, inclusive na área de utilidades, com a finalidade de fornecer uma avaliação mais completa (BACHMANN, 2009).

Consumo Específico de Água (CEA)

$$CEA = \frac{\text{Volume de água}}{\text{Produto}}$$

Onde:

Volume de água – quantidade de água alimentada no processo, no período considerado, em m³.

Produto – quantidade de papel para venda (toneladas) ou de celulose produzida (toneladas de celulose seca ao ar, tsa – 10% de umidade), no período considerado (BACHMANN, 2009).

O gráfico a seguir (Figura 8) nos mostra que em um levantamento-piloto, utilizando dados de 2007, o Consumo Específico de Água para as fábricas de celulose variou entre 22,8 e 119,8 m³/tsa. A média, ignorando os valores extremos (22,8 e 119,8 m³/tsa), que são bastante diferentes dos demais, ficou em 40,5 m³/tsa. Esse valor está bem situado em relação à faixa de 40 a 55 m³/tsa, apontada como compatível com as melhores práticas estabelecidas para unidades com o processo kraft. (BACHMANN, 2009).

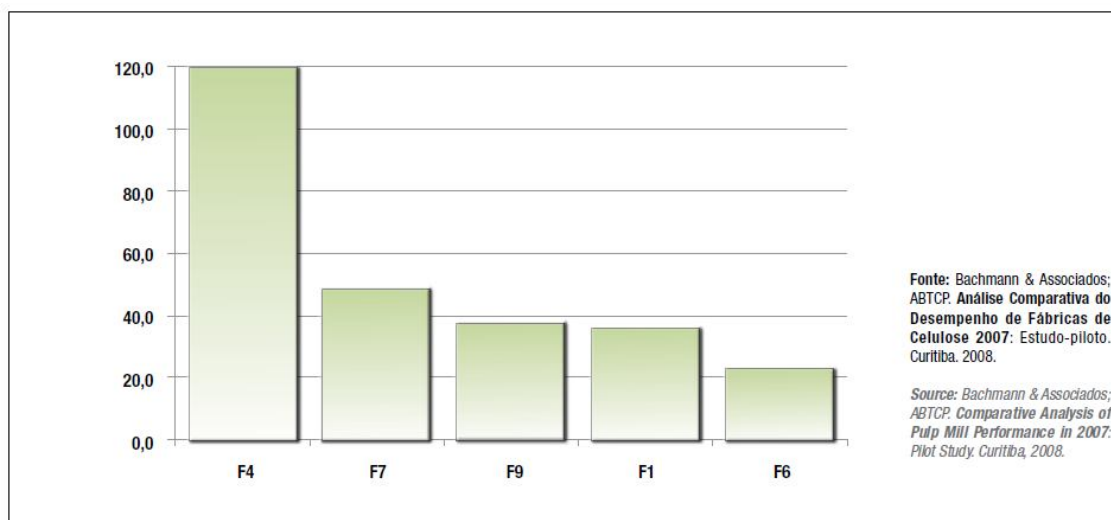


Figura 8: Consumo de água na fabricação de celulose, em m³/tsa (BACHMANN, 2009).

O monitoramento de indicadores é essencial para balizar decisões gerenciais e / ou investimentos para redução do consumo de água. É importante que sejam utilizadas metodologias específicas de solução de problemas e atingimento de metas para se alcançar metas desafiadoras de redução de consumo de água.

Evoluções nas tecnologias são constantemente testadas nas indústrias. Alternativas como fechamento de circuito das águas são ações muito trabalhadas que tem potencial de melhorias na redução do consumo de água, recuperação de insumos e fibras do processo e redução na geração de efluentes que consequentemente reduz o impacto na estação de tratamento de efluentes.

Quando falamos em fechamento de circuito, direcionamos estas ações para duas áreas específicas de uma fábrica integrada de produção de celulose e papel:

Branqueamento e Máquina de Papel. Estas etapas do processo têm características em comum de perdas de insumos e fibras no efluente o que propicia investimentos em fechamento de circuito com a possibilidade de reduzir o consumo de água e obter retorno financeiro na recuperação destes insumos e fibras.

A tendência moderna de se trabalhar em circuitos de água e efluentes cada vez mais fechados fez com que a ocorrência de fenômenos associada ao incremento destes materiais começasse a fazer parte do dia a dia das empresas (BASSA, 2002).

As plantas de branqueamento tradicionalmente têm usado uma quantidade grande de água, não somente para lavagem, mas também para usos diversos como água de selagem para bombas, agitadores e misturadores. Muitos tipos de processos de branqueamento são viáveis em sistemas fechados, onde os processos de branqueamento ECF e TCF são exemplos (REEVE & SILVA, 2000).

A área de Branqueamento é o principal setor consumidor de água no processo de fabricação de celulose as soluções tecnológicas têm focado no desenvolvimento de novos equipamentos e soluções para redução do consumo de água nesta etapa do processo.

O fechamento de circuito no branqueamento é um conceito de redução da poluição na origem pelo eficiente desenvolvimento a efetivo custo permitindo recuperar e ou reusar mais da água e fibra, produtos químicos e energia contidos em descargas de efluentes. O sistema de fechamento pode oferecer inúmeras vantagens, incluindo, consumo reduzido de recursos naturais, oportunidades para montar unidades fabris com recursos hídricos limitados e proteção da possibilidade futura de encontrar regulações de efluentes mais exigentes. (BASSA, 2002).

O fechamento de circuito dos filtrados na lavagem e depuração a polpa marrom também pode ser uma alternativa para a indústria reduzir o consumo de água do processo. Este sistema já é feito em fábricas mais modernas e além da redução do consumo de água de lavagem também contribui na redução de compostos orgânicos nos efluentes que podem ser incinerados na caldeira de recuperação. Os investimentos necessários giram em torno de US\$ 6 milhões para fábricas novas e US\$ 8 milhões para as existentes. Os custos operacionais são cerca de US\$ 300 a 500 mil/ano para

capacidade de 1.500 tsa/dia. Um desenvolvimento importante nesta área é a possibilidade de trabalhar a polpa com consistências maiores, o que reduz o investimento necessário e o consumo de energia elétrica (PIOTTO, 2003).

CONCLUSÃO

O aumento das exigências ambientais por parte dos órgãos ambientais e legislações, tem provocado diversas mudanças nos modelos de gestão das empresas. A busca pela otimização da utilização de água em seu processo produtivo tem sido cada vez maior nas indústrias de celulose. Muitas vezes, o consumo de água é acompanhado dia a dia por indicadores específicos (m^3/tsa) e discutidos em reuniões diárias de produção.

O investimento em novos equipamentos com a capacidade de reduzir o consumo de água é uma realidade na indústria de celulose, pois para este tipo de investimento, são levados em consideração os custos com o tratamento de água, custos com tratamento de efluentes, cobrança pelo uso da água, legislação ambiental e também a valorização da imagem da empresa que com a redução do consumo de água se torna uma empresa mais sustentável.

A evolução da legislação ambiental no Brasil tem sido crescente e novas exigências de controle do consumo de água estão influenciando nos processos industriais de fabricação de celulose. A tendência do aumento da utilização de circuitos fechados de água nos processos fabris é forte e deverá fazer parte da implantação de novas fábricas a serem construídas.

BIBLIOGRAFIA

- 1- BACHMANN, D. L. **Benchmarking Ambiental na Indústria de Celulose. Revista O Papel**, Junho/2009. www.revistaopapel.org.br.
- 2- BASSA, Alexandre. **Impacto do fechamento de circuito no processo de branqueamento de polpa celulósica Kraft**. Universidade Federal de Viçosa – MG, 2002, 75p.
- 3- DANILAS, R.M. **Branqueamento de pastas celulósicas**. In: PHILIPP, P.;D’ALMEIDA, M.L.O. (Ed.). **Celulose e Papel – Tecnologia da fabricação de pasta celulósica**. 2. Ed. São Paulo: IPT/SENAI, 1988. V. 1,P. 427 – 512.
- 4- DENCE, C.; REEVE, D. **Introduction to the principles and practice of pulp bleaching**. In: DENCE, C.; REEVE, D. (Ed.) **Pulp bleaching – principles and practice**. Atlanta: Tappi Press, 1996. p.1-24.
- 5- FREIRE, R.S., Pelegrini, R., Kubota, L.T., Duran, N., Zamora, P.P. **Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas**. Química Nova, v.23, n.4, p. 504-511, 2000.
- 6- FROSSARD, Valério Araújo. **Fechamento de circuito de águas na planta de branqueamento**. Universidade Federal de Viçosa – MG, 2003, 64p.
- 7- HOGLUND, O. **Environmental Technology in Pulp and Paper Industries. Kvaerner Pulping AB**. Markaryd, Sweden. May 1999.
- 8- MENDES, Marcos Heragles. **Fechamento de circuito em máquinas de papel**. Universidade Federal de Viçosa – MG, 2005, 51p.
- 9- NOLASCO, M. A.; PIRES, E. C; SPRINGER, A. M. **Tratamento de efluentes da indústria de celulose e papel por um processo modificado de lodos ativados**. In: Seminário Internacional sobreFechamento de Circuito, 1997, Vitória. Anais... Vitória: ABTCP, 1997.p. 1-11.
- 10-NOLASCO, M.A. **Tratamento biológico de efluentes da indústria de celulose e papel por aeração estendida modificada**. In: 30º CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL DA ABTCP, 1997. São Paulo. Anais...São Paulo, ABTCP, 1997, p.465-474.
- 11-PIOTTO, Z. C.. **Eco-eficiência na indústria de celulose e papel**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2003.
- 12-RABELO, M. D. **Avaliação da aplicação combinada dos processos foto-fenton e biológico no tratamento de efluentes de indústria de celulose kraft**

branqueada. Tese (mestrado em Agroquímica) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2005.

- 13-REEVE, D.; SILVA, C.M. **Closed cycle systems for manufacture of bleached chemical Wood pulp, Papermaking Science and technology** 6. Chemical pulping. Gullichsen J, Fogelholm C-J, Book B. Ano de edição: 2000. Chapter 22, p.B440 – 473.
- 14-**Reuso reduz custos e Poluição Ambiental**, Julho, 2005. www.nei.com.br/artigos
Consuta feita em 09/05/2012.
- 15-**Resolução CONAMA Nº357, de 17 de Março de 2005.**
- 16-SCHOROEDER, E.D. **Water and Wastewater Treatment** - Califórnia: McGrawhill, 1977, 370 p.
- 17-SOUZA L.C. **Tratabilidade de Efluentes Provenientes de Duas Sequências ECF de Branqueamento de Celulose Kraft de Eucalipto**, 2001. 74p. Tese (mestrado em Agroquímica), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2001.
- 18-SPRINGER, A.M. **Industrial Environmental Control – Pulp and Paper Industry**. 2 ed. Atlanta: Tappi Press, 1993.
- 19-WORLD BANK. **Greening Industry: New Roles for Communities, Markets, and Governments**. 19-Washington. USA. World Bank: 1999.
- 20-